

NETPRO/MINE
3 BOYUTLU CEVHER MODELLEME VE MADEN
PLANLAMA YAZILIMI TESTİ

Sonuç Raporu

Araştırmacılar

Prof.Dr. Erhan TERCAN
Prof.Dr. Bahtiyar ÜNVER
Doç.Dr. Mehmet Ali HİNDİSTAN
Y.Doç.Dr. Güneş ERTUNÇ
Dr. Fırat ATALAY



Hacettepe Üniversitesi
Maden Mühendisliği Bölümü
Ekim 2017
ANKARA



GİRİŞ

Çağdaş madencilik bilim ve teknolojisi, madenlerin üretilmeden önce üç boyutlu olarak modellenmesi ve ocak tasarımlarının yapılmasını gerektirir. Bunun için aramadan kapatmaya kadar bütün madencilik süreçlerinin modellenip tasarlandığı bütünleşik bilgisayar programlarına gereksinim vardır.

Netpro/MINE, üç boyutta cevher geometrisi modellemesi ve ocak planlaması yapan bütünleşik bir yazılımdır. Bu yazılımın geliştirilmesi TÜBİTAK, Hacettepe Üniversitesi, NetCad Yazılım A.Ş. (NETCAD) ve TKİ arasında 2010 yılında yapılan bir işbirliği ile başlatılmış ve 2012 yılında tamamlanmıştır. Bu ürünü şu anda ülkemizde çok sayıda madencilik firması kullanmaktadır.

NETCAD, Netpro/MINE yazılımının yurt içindeki kullanımını artırma ve ayrıca yurtdışına satılmasını hedeflemektedir. Bu nedenle yazılımın maden kaynak/rezerv kestiriminde son yıllarda yapılan gelişmelere uyumlu olarak güncellenmesi, mevcut fonksiyonların madencilik bilim ve teknolojisine uygunluğunun testi, yeni fonksiyonların ve hesaplama araçlarının geliştirilmesi amacıyla Hacettepe Teknokent Teknoloji Transferi Ar-Ge Danışmanlık Enerji Sağlık Çevre İletişim San. ve Tic. A.Ş. (HT)' den bir çalışma yapmasını istemiştir. HT, Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Maden İşletme öğretim elemanlarından Prof.Dr. A.Erhan TERCAN, Prof.Dr. Bahtiyar ÜNVER, Doç.Dr. Mehmet Ali HİNDİSTAN, Y.Doç.Dr. Güneş ERTUNÇ ve Dr. Fırat ATALAY'ı (HÜ) bu çalışmaları yürütmek amacıyla yetkilendirmiştir. Rapor, bu çalışmalardan elde edilen sonuçları içermektedir.

Test çalışmaları 7 bölüme ayrılmıştır. Bunlar;

- Sondaj,
- Katı modelleme,
- Bloklama,
- Jeostatistiksel kestirim,
- Yer üstü madenciliği,
- Yer altı madenciliği,
- Görselleştirme

işlemleri oluşturmaktadır. Her bölüm, bir dizi konu, işlem ve alt işlem gruplarını içermektedir. Test edilecek bu işlemler, arama sonuçlarının değerlendirilmesi, maden kaynak ve rezerv kestirimleri sırasında kullanılan en temel fonksiyonlar arasından seçilmiştir. Testler, önce bir kömür sahası daha sonra porfiri bakır sahası üzerinde yapılmıştır.

1. Sondaj İşlemleri Testleri

Sondaj veri tabanı oluşturma maden kaynak kestiriminin ilk ve önemli bir adımı olup birincil ve ikincil verilerin toplanması ve değerlendirmesini içerir. Birincil veriler jeolojik, jeokimyasal, jeofiziksel, topografik ve karot analiz verilerinden ibarettir. İkincil veriler, jeolojik projeksiyon, blok model ve sınır tenör gibi birincil verilerin yorumlanmasından türetilmiş verilerdir. Veri tabanının kullanılmadan önce hatadan arındırılması ve doğrulanması gerekir. Sondaj işlemleri bölümü altında temel olarak veri girişi ve yönetimi konusu incelenmiştir. Çizelge 1, veri girişi ve yönetimi konusunda gözönüne alınan işlem ve alt işlemlere ait test sonuçlarını göstermektedir.

Çizelge 1. Veri girişi ve yönetimi konusunda test edilen işlem ve alt işlemler (√: test başarılı, X: test başarısız).

İşlem	Alt İşlem	Sonuç	Talep Açıklama
Yeni Proje Dosyasının Oluşturulması	Şablon tabaka yapısının sorunsuz gelmesi	√	Yeni proje oluşturularak şablon tabaka yapısı projeye eklendiğinde bütün kutular boş gelmelidir.
Saha özelliklerinin tanımlanması	Proje bilgileri	√	Proje Özellikleri / Proje Bilgisi bölümünde, proje bitiş tarihi bölümüne "Devam Ediyor" ifadesi de eklenmelidir.
	İşletme Bilgileri	√	Proje Özellikleri / İşletme Bilgileri bölümünde sınırlar seçildiği zaman iptal edilebilmeli veya silinebilmelidir.
	Öznelikler	√	Proje Özellikleri / Öznelikler / Birim bölümünde bulunan Kcal/kg birimi kCal/kg olarak düzeltilmelidir.
	Litoloji Tanımları	√	
	Damar Tanımları	√	
Proje verilerinin oluşturulması	Sondaj verilerinin aktarımında sondajlar arasındaki mesafenin kontrolü amacıyla veri kontrolleri bölümünün kullanılabilmesi	√	Sondaj dışındaki aktarım süreçlerinde veri kontrolleri bölümü aktif olmamalı yada kaldırılmalıdır.
	Excel sondaj verilerinin Netpro/Mine ekranına sorunsuz olarak aktarılması	√	
	Sondaj bilgilerinin herbir sondaj bazında sorunsuz aktarılması	√	Oku penceresine kapat butonu eklenmelidir.
	Litoloji bilgilerinin herbir sondaj bazında sorunsuz aktarılması	√	
	Açı kayıtlarının herbir sondaj bazında sorunsuz aktarılması	√	
	Ham örneklem kayıtlarının herbir sondaj bazında aktarılması	√	Ham örneklem.csv dosyası projeye okutulurken null

	Veri aktarımı yapılmış projeye sondaj eklenbilmesi	√	değerlerin rapora yansımaması gerekir. Yeni sondaj ekleme işleminde zorunlu satırlarda yıldız olmalı ve girilmediği zaman sondaj eklenmemelidir. Yeni sondaj ekleme işleminde veri kontrolleri bölümü kullanılabilir. Yeni sondaj ekleme işleminde "Açı" değerleri girilmediyse otomatik olarak eğime -90, doğrultuya (azimuth) 0 değeri eklenmelidir.
	Litolojiler için semboloji tanımlamasının eklenebilmesi	√	Oku işleminde, yüklenmiş olan bir veri üzerine, yeni veri eklendiğinde nelerin güncellendiğine veya güncellenmediğine ilişkin bir rapor verilmelidir. Veri olmayan litoloji değerleri için standart bir renk atanabilmelidir.
	Litoloji semboljilerine göre ekranda sondajların tematik görüntülenebilmesi	√	
	Sondajların ham örneklem değerlerine göre tematize edilebilmesi	√	Talep çözülmüş olup, ilgili işlem yapılabilmektedir.
	Sondajlara 3B ortamda saydamlık eklenmesi	√	
	Sondajlara Netpro/Mine ekranı üzerinden etiket tanımlanması	√	
	Sondajların Netpro/Mine ekranı üzerinden farklı açılardan yönetilebilmesi	√	
	Sondaj verilerine grup eklenebilme	√	
	Sondajların çoklu olarak seçilip grup altına eklenebilmesi	√	Grup üzerine sondajlar sürüklenerek atıldığında grup adı renk değiştirmelidir.
	Sondajların tekli veya çoklu olarak seçilip sürüklenip bırak yöntemiyle taşınabilmesi	√	
	Sondaj eksenlerinin görüntülenebilmesi	√	
	Seçilen sondajların 2 boyutlu ortama aktarılabilmesi	√	
	Açılı sondajlara ait izlerin aktarılabilmesi	√	
	Sondajların grup olarak 2B ekranına eşitlenebilmesi	√	Sondajlara grup eklendikten sonra, sondaj listesinde sadece 2 boyuta aktarılmak istenen gruplar aktif hale getirilerek, bu grupların aktarılması sağlanmaktadır. Pasif olan gruplar aktarılmayacaktır. Bu işlem ile sondajlar grup ayrımı yapılarak 2B ekranına aktarılabilir.
	Sondajların Google Earth ortamına aktarılması	√	

Sondaj Log Raporu	Sondaj log raporunun doğru alınabilmesi	√	Sondajları tek sayfaya sığdırma butonu ana sayfaya eklenmeli.
Sondaj Analizleri	Sondajlar üzerinden istatistiklerin (Uzunluk ve Öznitelik) hesaplanabilmesi	√	İstatistikler altında yeni bir satır olarak yalnızca öznitelikler için uzunluk ağırlıklı olarak hesaplanabilmelidir.
	Sondajlara grup eklenerek sadece istenilen sondajlar için istatistiklerin hesaplanabilmesi	√	Sondaj verilerine süzgeç verilerek analiz yapıldığında süzgeç dikkate alınarak analiz yapılmalıdır.
	Seçilen sondajlar üzerinden ağırlıklı ortalamaların hesaplanabilmesi	√	Ağırlıklı ortalama ismi "Özniteliğe Göre Ağırlıklı Ortalama" olarak değiştirilmelidir. Sondajlar üzerinden ağırlıklı ortalama hesaplarırken pencere açılmalı, açılan pencerede litolojiler lookup listeden birden fazla seçilebilmelidir.
	Sondaj verilerinin Sondaj Adı, Z değeri, Derinlik, Öznitelik Ağırlıklı Ortalama, Litoloji/Damar seçimine göre süzgeçlenebilmesi	√	Süzgeç yetenekleri artırılabilir.

Test işlemleri, veri girişi ve yönetimi konusundaki işlemlerinin tamamının fonksiyonel bir şekilde çalıştığını göstermektedir.

2. Katı Modelleme İşlemleri

Jeolojik modeller, cevherleşmenin ana özelliklerinin üç boyutlu bilgisayar ortamındaki gösterimleridir. Bu modeller litoloji, tektonik yapı, alterasyon, cevherleşme ve diğer verileri kesitler ve planlar üzerinde yorumlayıp, bu yorumların üç boyuta uzatılmasına dayanır. Jeolojik yapıların üç boyutlu katı modellerinin oluşturulmasında kullanılan yaklaşımları iki gruba ayırmak mümkündür: tavan taban yüzeyi yaklaşımı ve enkesit yaklaşımı. Netpro/MINE her iki yaklaşımı içermekte olup katı modelleme işlemleri altında sondajlardan yüzey oluşturma, fay ekleme, yüzeyler arasında katı model oluşturma, enkesit oluşturma, enkesitlerden katı model oluşturma ve katı modelden kalınlık haritası oluşturma konuları incelenmiştir. Çizelge 2, sondaj verilerinden yüzey oluşturma konusunda gözönüne alınan işlem ve alt işlemlere ait test sonuçlarını göstermektedir.

Çizelge 2. Sondaj verilerinden yüzey oluşturma konusunda test edilen işlem ve alt işlemler (√: test başarılı, X: test başarısız).

İşlem	Alt İşlem	Sonuç	Talep Açıklama	
Yüzey oluşturma	Seçilen 3D tabaka adına göre yüzey oluşturulabilme	√		
	Seçilen litolojiere ait damar yüzeyi oluşturulabilme	√	Sınır seçme işleminde yanlışlıkla sondajlar tıklandığında açılan hata penceresinin uyarı olarak değiştirilmesi.	
	En az 3 damar tanımı kullanılarak damar yüzeyi oluşturabilme	√		
	Jeoistatistik ve fay bilgileri kullanılarak yüzey oluşturulabilme	√		
	Çoklu doğru (alan) objeleri kullanılarak yüzey üretilebilme	√		
Süzgeçleme	Koordinata göre (üst, alt, en alt vb.) süzgeçlenebilme	√		
	Sınır ve sondaja göre süzgeçlenebilme	√		
Yüzey aritmetiği	Yüzey aritmetik işlemleri yapabilme	√		
	Üst ve alt yüzey düzeltme işlemleri yapabilme	√		
	Sadeleştirme ve birleştirme işlemleri yapılabilme	√		
	Yüzey kesişim veya dış sınırları oluşturabilme	√		
	Çizgi modeli izleme işlemi ile oluşturulan sınırın yüzeye giydirilebilmesi	√		
	Seçilen sınırın içi veya dışının kesilebilmesi	√		
	Yüzeyin kota göre tematize edilebilmesi	√		
	Yüzey üzerinde belirtilen aralıklara göre eşdeğer eğrilerin oluşturulabilmesi	√		
	Ekleme işlemleri	Yüzeye fay ekle işlemi ile bir veya daha fazla sayıda fayın toplu halde eklenebilmesi	√	
		Yüzeye güzergah hattı boyunca uygun parametrelerde platform eklenebilme	√	
3D katmanlarda bulunan yüzeylerin proje yüzeylerine eklenebilmesi		√		
3B ekranında seçilen yüzeye ait özelliklerin görüntülenebilmesi		√		
Damar noktaları	Damar noktalarını belirle işlemi ile damar tanımlamalarının yapılması	√	Sedimanter formasyonlar için damar modelleme yöntemi ayrı bir modül olarak geliştirilebilir	
	Damar noktalarının düzenlenebilmesi	√		
	Sondaj özelliklerinde ilgili damar tanımlarının görüntülenebilmesi	√	Damar tanımlarının proje özelliklerine eklenmesi aşamasında o damara ait litoloji seçilebilmeli ancak damar noktalarının belirlenmesi aşamasında farklı litolojiler seçilmemelidir.	
	Damar noktalarının eklenmesi işlemi sonrasında damar işaret gösterimlerine müdahale edilebilme	√		

	Eklenen damar tanımlarının silinebilmesi	√	
--	--	---	--

Test işlemleri, sondaj verilerinden yüzey oluşturma konusundaki işlem ve alt işlemlerin tamamının fonksiyonel bir şekilde çalıştığını göstermektedir.

Katı modellemede faylar önemli bir yer tutar. Faylar konusunda gözönüne alınan işlem ve alt işlemler test edilmiş ve test sonuçları Çizelge 3’de gösterilmiştir. Çizelge 3, faylara ait temel işlemlerin fonksiyonel bir şekilde çalıştığını göstermektedir.

Çizelge 3. Faylarla ilgili test edilen işlem ve alt işlemler (√: test başarılı, X: test başarısız).

İşlem	Alt İşlem	Sonuç	Talep Açıklama
Faylar	Fay ekle işlemi ile 3B ekranından fay hattı çizilebilme	√	Fay ekleme işlemi öncesinde damar yüzeyi veya topoğrafya üzerinde ani eğim değişimlerinin tespit edilebilmesi gerekir. Sınır eğim değeri girişi kullanıcı tarafından yapılabilmelidir. Örneğin; %30+ değişim gösterdiğinde bu alanlar ayrı bir tematikte yüzey üzerinde görüntülenebilmelidir.
	İşlem sonrasında fay özellikleri penceresinin açılması	√	Faylara ait stereografik projeksiyonun 3B ekranında görüntülenebilmesi.
	Fay özellikleri penceresinde yatay atım, düşey atım, eğim değerlerinin girilebilmesi	√	
	Fay oku işlemi ile Excel’den toplu halde fay ölçümlerinin projeye eklenmesi	√	
	Fay düzleminin alttan ve üstten uzatılabilmesi	√	
	Fayların toplu halde farklı yüzeylere eklenebilmesi	√	
	Fay atımlarının topografyaya uyarlanabilmesi	√	

Faylara ilişkin test işlemlerinden sonra yüzeyler arasında katı model oluşturma fonksiyonları test edilmiştir. Test sonuçları Çizelge 4’de gösterilmiştir. Çizelge 4, yüzeyler arasında katı model oluşturma işlemlerinin fonksiyonel bir şekilde çalıştığını göstermektedir.

Çizelge 4. Yüzeyler arası katı model oluşturma ilgili test edilen işlem ve alt işlemler (√: test başarılı, X: test başarısız)

İşlem	Alt İşlem	Sonuç	Talep Açıklama
Yüzeyler arası katı modelleme	Damar noktalarından üretilen üst ve alt yüzeylerden katı model oluşturma	√	Yüzeyler Arası Katı Model Oluşturma işleminde komut satırında yazan "Üst Yüzeyi Seçiniz" ve "Alt Yüzeyi Seçiniz" ifadelerinin "1. Yüzeyi Seçiniz" ve "2. Yüzeyi Seçiniz" şeklinde değiştirilmesi gerekir.
	Litoloji tanımlarından üretilen yüzeyler (üst, alt, en alt vb..) den katı model oluşturma	√	Aynı yüzey üst üste seçildiğinde sonuç üretilmemelidir.
	Üst ve alt yüzeyler seçildikten sonra sınır seçiminin yapılabilmesi	√	
	Seçilen yüzeye göre kotlar arasında katı model üretilebilme	√	
	*STR dosyalarından katı model üretilebilme	√	
	Katı model kes işlemi ile seçilen sınırdan katı modeli kesebilme	√	Katı model kesme işleminden sonra üretilen yeni katı modele ait yan yüzeyler kapatılabilmelidir.
	Katı model kes işlemi ile min ve maks kot girişleri yapılarak katı modelin kesilmesi	√	
	Seçilen litoloji ve farklı hesaplama yöntemlerine göre ortalama litoloji kalınlığının hesaplanması	√	Ortalama litoloji kalınlığı işleminde hesap yöntemi olarak "Tüm Litoloji" seçeneği aktif gelmelidir.
	Yüzeyler arasında hacim hesaplama işlemi ile seçilen sınır, alt yüzey ve üst yüzeyden hacmin hesaplanabilmesi	√	Katı model oluşturma işlemi sonrasında, hesaplanan hacim değerleri tamsayı değerler olmalıdır. Noktadan sonraki üç basamak gösterilmemelidir.
	Katı model özelliklerinin 3B ekranından seçilerek görüntülenebilmesi	√	
	Fay eklenmiş yüzeylerden katı model oluşturma	√	Katı model kesme işleminden sonra üretilen yeni katı modele ait yan yüzeyler kapatılabilmelidir.
	Fay atımlarının katı modele uyarlanması	√	

Enkesit oluşturma işlemleri test edilmiş ve test sonuçları Çizelge 5’de gösterilmiştir. Çizelge 5, enkesit oluşturma işlemlerinin eksiksiz çalıştığını göstermektedir.

Çizelge 5. Enkesit oluşturma ilgili test edilen işlem ve alt işlemler (√: test başarılı, X: test başarısız).

İşlem	Alt İşlem	Sonuç	Talep Açıklama
Enkesit oluşturma	Enkesit sayısallaştırma işlemleri için sondajlar üzerinden Kırpma işlemi ile belirlenen Tip, Kesit aralığı, Soldan/Sağdan dilim kalınlığında kesit alınabilme	√	
	Kesit alma işleminden sonra kesit düzleminin görüntülenebilmesi	√	
	Düzlem üzerinde nokta yakalama modları yardımı ile sondajlar görüntülenerek enkesitlerin sayısallaştırması	√	
	Üretilen enkesitlerin editlenebilmesi	√	
	Otomatik enkesit üretme işleminde 3D ekranında sondajları seçebilme	√	
	Otomatik enkesit üretme işleminde litoloji/damar süzgeçlemesi	√	
	Otomatik enkesit üretme işleminde üst ve alt koordinat süzgeçlemesi	√	
	Otomatik enkesit üretme işleminde 1. ve 2. kenar uzatmaları	√	
	Otomatik enkesit üretme işleminde çizgi yumuşatması yapabilme	√	
	Ara kesit işlemi ile seçilen iki kesit arasında belirlenen parametrelerde yeni kesit/kesitlerin üretilebilmesi	√	
	Kesit Böl işlemi ile nokta veya çizgi seçerek bölme işlemi	√	

Enkesitlerden katı model oluşturma işlemleri test edilmiş ve test sonuçları Çizelge 6'da gösterilmiştir. Çizelge 6, enkesitlerden katı model oluşturma işlemlerinin fonksiyonel bir şekilde çalıştığını göstermektedir.

Çizelge 6. Enkesitlerden katı model oluşturma ilgili test edilen işlem ve alt işlemler (√: test başarılı, X: test başarısız)

İşlem	Alt İşlem	Sonuç	Talep Açıklama
Katı model oluşturma	Enkesitlerin 3B ekranından seçilerek katı modellenmesi	√	
	Enkesitlerin toplu halde katı modellenmesi	√	
	*.STR uzantılı enkesit dosyalarını açabilme	√	

	Sayıllaştırılan enkesitlerin dışarıya *.STR uzantılı olarak kaydedilmesi	√	Önceki versiyonlarda açık olan export özelliğinin tekrar açılması.
	Oluşturulan katı modele ait özelliklerin görüntülenebilmesi	√	
	Katı model birleştir işlemi ile seçilen katı modellerden tek bir katı modelin üretilebilmesi	√	Kesişen katı modeller için geometrik işlemler yapılabilmelidir.
	Tüm katı model işlemi ile 3B ekranındaki sondajlardan katı model oluşturulabilmesi	√	
	Kesitten noktaya katı model işlemi ile seçilen enkesit ve nokta arasında belirlenen parametrelere bağlı olarak katı model üretebilme	√	
	Katı model üzerinden kesit alabilme	√	
Eşkalınlık eğrisi	Katı model üzerinden eş kalınlık eğrileri (izopak haritası) oluşturulabilme	√	
	Kesit Böl işlemi ile nokta veya çizgi seçerek bölme işlemi	√	

3. Blok Modelleme ve Kestirim İşlemleri

3B katı modeller maden yataklarının geometrisini tanımlarken blok modelleme katı model içinde tenörlerin konumsal olarak nasıl değiştiğini ortaya koyarlar. Bu amaçla, katı modeller aynı büyüklük ve şekilde bloklara ayrılır daha sonra bu blokların ortalama tenörleri ya da ilgili değişken değerleri kestirilir. Bu amaçla blok modellemede kullanılan temel işlemler test edilmiş ve test sonuçları Çizelge 7'de gösterilmiştir. Çizelge 7, blok model oluşturma işlemlerinin fonksiyonel bir şekilde çalıştığını göstermektedir.

Çizelge 7. Blok modelleme ile ilgili test edilen işlem ve alt işlemler (√: test başarılı, X: test başarısız).

İşlem	Alt İşlem	Sonuç	Talep Açıklama
Blok model oluşturma	Blokla işleminde tanımlanan parametrelere göre blok ve alt blokların oluşturulması	√	
	Oluşturulan bloklara ait özelliklerin görüntülenebilmesi	√	
	Dışa aktar işlemi ile blok modelin *.xls ya da *.ncblk formatlarında kaydedilmesi	√	
	Blok model kopyasının oluşturulması	√	
Blok model oluşturma sonrası işlemler	Ortalama damar kalınlığının hesaplanabilmesi	√	
	Katı modelden blok model oluşturma	√	Blokların üzerindeki üçgen sınırlarının görünürlüğü kullanıcı tanımlı olmalıdır.

	Seçilen yüzeyin üstünde veya altında kalan blokları sınırlandırılabilme	√	
	Seçilen sınır içinde veya dışında kalan blokları sınırlandırılabilme	√	
	Seçilen katı model içerisinde kalan blokları sınırlandırılabilme	√	

Blokların ortalama tenörleri ya da ilgili değişken değerlerinin kestirimi kompozitleme işlemini gerektirir. Kestirim, bu kompozit verileri kullanarak en basitinden (en yakın komşu ile kestirim) en karmaşığa (jeostatistiksel yöntemler) doğru çeşitli yöntemlerle gerçekleştirilmelidir. Jeostatistiksel yöntemler, variogram hesaplama ve modellemeyi ve variogram modelinin krigleme işleminde kullanılmasını gerektirir. Bu amaçla kestirim işlemlerinin temel fonksiyonları test edilmiş ve test sonuçları Çizelge 8’de gösterilmiştir. Çizelge 8, kestirim işlemlerinin fonksiyonel bir şekilde çalıştığını göstermektedir.

Çizelge 8. Kestirim ile ilgili test edilen işlem ve alt işlemler (√: test başarılı, X: test başarısız)

İşlem	Alt İşlem	Sonuç	Talep Açıklama
Kompozitleme	Genel Kriterler, Karot Kriterleri, Litoloji Kriterleri, Sondaj Kriterleri ve Diğer kriterlerin tanımlanabilmesi	√	Kompozitleme penceresinde analiz değerlerine ulaşılabilir.
	Kompozitleme işlemi sonrasında her bir sondaj için Örneklem Kayıtlarının veritabanında otomatik olarak doldurulması	√	
	Kompozit Gösterim Ayarları ile kompozitlerin gösterilmesi	√	Grafik bazında istenilen kompozit değer silinebilir.
	Kompozit Gösterim Ayarları kullanılarak tenör bazında 3D gösterim yapılabilme	√	
Kompozit analizleri	Kompozit verilere ilişkin histogram ve saçılma diagramı üretilebilme	√	Pencerde de ki tanımlama sadece katı model içerisinde kalacak şekilde düzenlenmeli. Diagram ismi grafik olarak değiştirilmeli. Saçılım grafiği / Histogram grafiği blok model üzerinden alınabilir.
	Kompozitlerin uzunluk ve öznitelik değerlerine ilişkin özet istatistiklerin hesaplanabilmesi	√	
Variogram hesaplama ve modelleme	Öznitelik, Tolerans, Bant Genişliği değerlerini girilebilme	√	Baş özellik (Birincil Öznitelik / Son özellik (İkincil Öznitelik) olarak değiştirilmelidir.
	Yatay ve düşey yön seçimi yapılabilme	√	
	Adım Sayısı, adım aralığı ve adım toleransının otomatik olarak hesaplanabilmesi	√	
	DeneySEL variogram grafiği çizdirebilme	√	Variogram modeline, grafik üzerinden interaktif bir şekilde müdahale edilebilir.

	Külçe etkisi, eşik değeri ve yapısal uzaklık parametrelerine göre model variogramın oluşturulması	√	Varyans çizigisi variogram hesabında kullanılan kompozit değerlerden hesaplanarak grafik ekrana çizdirilebilmelidir.
	Variogram penceresi tamam ile kapatıldığında üretilen variogram modelinin Variogramlar ikonu altına eklenmesi	√	Tüm variogram pencereleri yüzer gezer yapıda olmalıdır.
Kestirim yöntemleri	En yakın komşu yöntemine göre kestirim yapılabilme	√	
	Ters uzaklıkla ağırlıklandırma yöntemine göre kestirim yapılabilme	√	
	Krigleme yöntemine göre kestirim yapılabilme	√	
	Eşkrigleme yöntemine göre kestirim yapılabilme	√	
	İndikatör krigleme yöntemine göre kestirim yapılabilme	√	
	Jeostatistiksel simülasyon yapılabilme	√	
Kriglemeler	Oluşturulan variogram modele göre krigleme yapılabilme	√	
	Çapraz doğrulama yapılabilme	√	Sedimanter formasyonlar için damar modelleme yöntemi ayrı bir modül olarak geliştirilebilir
	Çapraz doğrulama işlemi sonrasında saçılma diagramı üretme	√	
Blok model raporlama	Varsayılan yoğunluk değerine göre blok raporu alabilme	√	Genel proje ayarlarına alternatif birimleri (btu, kalori, joule vd.) kullanıcı tanımlı olarak eklenmeli. Proje sürecinde çıktılara yansımalıdır.
	Tenör-tonaj eğrisi raporu alabilme	√	Sonuç verilere göre her sınır tenör satırı için tonaj hesaplanmalı ve grafikde buna uygun olarak oluşturulmalıdır.
Kestirim sonrası blok model işlemleri	Blok model üzerinden öznitelik yüzeyi üretilebilme	√	
	Blok model üzerinden seçilen öznitelik ve değer aralığına göre katı model üretilebilme	√	
	Blok modelin merkez XYZ, genişlik XYZ ve öznitelik değerlerine göre süzgeçlenebilmesi	√	Kestirim sonucunda kestirilemeyip tamsayı değer atanan blok değerleri text (null) olarak değiştirilmeli.
	Süzgeç ekleme işlemi sonrasında alınan blok raporunun süzgece göre güncellenebilmesi	√	
	Blok model tematik değerlerinin düzenlenebilmesi	√	
	Tematik düzenleme işlemi sonrasında alınan Blok Raporunun tematik güncellenmesi	√	Sonuç verilere göre her sınır tenör satırı için tonaj hesaplanmalı ve grafikde buna uygun olarak oluşturulmalıdır.

4. Açık Ocak Tasarım İşlemleri

Madenler, açık ocak ya da yer altı işletme yöntemleri ile üretilirler. Açık ocak tasarımında yatay ve düşey güzergah, platform ve şev tanımları yapılabilmesi, patlatma işleri tasarlanabilmelidir. Şablon platform tanımları hazır olmalı, istendiğinde bu şablon platformlar seçilebilmelidir. Tasarlanan yol, enkesit ve yüzey haline getirilebilmelidir. Açık ocak tasarım işlemleri test edilmiş ve test sonuçları Çizelge 9’da gösterilmiştir. Çizelge 9, açık ocak tasarım işlemlerinin fonksiyonel bir şekilde çalıştığını göstermektedir.

Çizelge 9. Açık ocak tasarımı ile ilgili test edilen işlem ve alt işlemler (√: test başarılı, X: test başarısız).

İşlem	Alt İşlem	Sonuç	Talep Açıklama
Ocak Ekleme	Ocak ekle işlemi ile ocak eklenebilmesi	√	Netigo ve doküman nesnesi netpromine entegre edilebilmesi.
Maden sahasına ait yüzeylerin eklenmesi	2B ekranında oluşturulan 2B arazi modeli 3B ekranına aktarılabilmesi	√	
	Raster veriler topografyaya drape edilebilmesi	√	
	Tavan ve/veya taban yüzeyleri ocak içerisine eklenebilmesi	√	Yer Üstü Madencilik bölümü altına eklenen, Ocak kullanılarak istenilen tavan ve taban yüzeyleri ocak içerisine eklenebilmektedir.
Ocak Sınırının Belirlenmesi	Sayıllaştırılan ocak sınırı ekrandan seçilerek ocak içerisine eklenebilmesi	√	
	Ocak sınırı seçilen yüzey üzerine giydirilebilmesi	√	
Ocak İçi Şev Tanımları	Ocağa ait varsayılan basamak tanımları basamak genişlikleri sabit tutularak oluşturulabilmesi	√	Ocak tasarım penceresine herbir parametre için detay açıklama eklensin.
	Varsayılan basamak tanımına göre istenilen sayıda otomatik olarak basamaklar oluşturulabilmesi	√	
	Şev üstü ve şev dibi oluştur işlemleri ile tek tek basamak oluşturulabilmesi	√	
	Oluşturulan ocak içi şev çizgileri kullanıcı müdahalesi ile editlenebilmesi	√	
	Editlenme işleminde Z değerleri sabitlenebilmesi	√	
	Ocak çizgileri altında üretilen çizgiler seçilerek silinebilmesi	√	
Ocak İçi Rampa Tanımları	Ocak içerisine belirtilen parametrelerde ekspres veya ötelemeli rampalar eklenebilmesi	√	
	Basamak oluşturma işleminde rampalar, basamaklar arasında üretilme	√	
	Yenilenen ocak yüzeyinde rampa tanımları gözlenmesi	√	

Ocak Yüzeyleri Sonuç Tanımları	Tüm yüzeyleri yenile işlemleri sonrasında tavan/tabana ve ocak yüzeyi oluşturulması	√	
	Üretilen sonuç yüzeyler (Tavan/Taban/Ocak Yüzeyi) birleştirilerek proje yüzeylerine eklenebilmesi	√	
	Ocak'da yapılan değişiklikler kaydedilmesi	√	
Kotlar Arası İşlemleri	Tasarlanan ocak için kotlar arası katı model oluşturulabilmesi	√	
	Katı model içerisinde kalan blok model sınırlandırılabilmesi	√	
	Oluşturulan ocağa ait tavan, taban, ocak yüzeyi ve ocak çizgileri 2 boyutlu ekrana eşitlenebilmesi	√	Ocak eş yükselti eğrileri üzerinde kot değerleri okunabilir seyreklikte yazılmalıdır.
Rakortman Tanımları	Varsayılan basamak açısı değeri girilerek projeye rakortman eklenebilmesi	√	
	Rakortman tanımı içerisinde ekrandan seçilen alanlar belirtilen açı değerinde eklenebilmesi	√	
	Oluşturulan rakortman tanımı varsayılan basamak tanımlarına eklenebilmesi	√	
	Basamak oluşturma işlemi sonrasında rakortman alanlarında açı değişimleri gözlenmesi	√	
Yol Ekle	3B ekranına çizilen bir güzergah üzerinden yol eklenmesi	√	
	Yola ait yatay güzergah tanımları (kurp yarıçap) düzenlenebilmesi	√	
	Yola ait düşey güzergah tanımları (kurp yarıçapı ve eğim) düzenlenebilmesi	√	
	Oluşturulan yolun platform tanımları kullanıcı tanımlı oluşturulabilmesi	√	
	Platform tanımları arazi yüzeyine uygulanabilmesi	√	
	Yola ait kazı dolgu hacim hesabı yapılabilmesi	√	
	Yol raporu alınabilmesi	√	
Patlatma Ekle	Patlatma genel parametrelerinde makine (delici) seçimi yapılabilmesi	√	
	Patlatma genel parametrelerinde patlayıcı seçimi yapılabilmesi	√	
	Patlatma tasarımına ait delik bilgileri girilebilmesi	√	
	Patlatma düzeneği (dörtgen, şaşırtmalı) seçilmesi	√	
	Patlatmaya ait basamak yüksekliği girilmesi	√	
	Saha eni ve saha boyu patlatma yüzeyleri seçildikten sonra otomatik olarak hesaplanması	√	
	Patlatma delik bilgilerinde seçilen hesaplama yöntemine göre patlatma parametreleri otomatik olarak hesaplanabilmesi	√	
	Patlatma metrik bilgilerinde toplam delik ve şarj miktarı, özgül delik ve şarj miktarı otomatik olarak hesaplanabilmesi	√	
	Patlatma metrik bilgilerinde toplam ve özgül maliyet bilgilerinin girilebilmesi	√	
	Patlatma değerlendirme bilgilerinde parça büyüklüğü girişi yapılabilmesi	√	

	Tane hesabı bölümünde girilen parametreler sonucunda tane boyu grafiği çizdirebilmesi	√	
	Patlatma yapılacak yüzeylerin seçimi 3B ekranından ocak üzerinde yapabilmemesi	√	
	Patlatma deliklerine zaman girişi yapılabilmesi	√	
ÇED	Patlatmaya ait hava şoku değerleri toplam şarj miktarı ve etkili zon aralığına göre hesaplanabilmesi	√	
	Patlatmaya ait gürültü değerleri girilen parametreler (havanın bağıl nemi, yaklaşık gürültü seviyesi vb.) kullanılarak hesaplanabilmesi	√	
	Patlatmaya ait vibrasyon (yer sarsıntısı) değerleri girilen parametreler (Kayaç türüne bağlı katsayı, arazi katsayısı vb.) kullanılarak hesaplanabilmesi	√	
	Patlatmaya ait taş savrulması otomatik olarak hesaplanabilmesi	√	
	Sonuç etki alanları yüzey seçimi yapılarak 3B ekranına çizdirilebilmesi	√	
	Etki alanlarının 2 boyut ekranına aktarılabilmesi	√	

5. Yer Altı Ocak Tasarım İşlemleri

Bir yer altı ocak işletmesi ayak, taban yolları, galeri ve kuyu gibi maden yatağını yüzeye bağlayan her türlü açıklığın toplamı şeklinde düşünülebilir. Dolayısıyla bu açıklıkların tasarlanabilmesi gerekir. Yer altı ocak tasarım işlemleri test edilmiş ve test sonuçları Çizelge 10'da gösterilmiştir. Çizelge 10, yer altı ocak tasarım işlemlerinin fonksiyonel bir şekilde çalıştığını göstermektedir.

Çizelge 10. Yeraltı ocak tasarımı ile ilgili test edilen işlem ve alt işlemler (√: test başarılı, X: test başarısız).

İşlem	Alt İşlem	Sonuç	Talep Açıklama
Galeri Ekle	Galeri planı katı model veya yüzey referans alınarak (galeri eksen noktaları veya hatları) 3 boyutlu ortamda oluşturulabilmesi	√	
	Galeri ekle işlemi ile serbest galeri tasarımı 3 boyutlu ortamda istenilen koordinat veya mesafe, eğim, açı değerleri kullanılarak sayısallaştırma yapılabilmesi	√	
	Galeri sayısallaştırma işlemleri esnasında veya sonrasında editlenebilmesi	√	
	3B ekranından veya galeri listesinden galeriler silinebilmesi	√	
	Silinen galeriler geri alınabilmesi	√	
	Açılan galeri özellikleri penceresinde genel parametrelerin girilebilmesi	√	
	Hacim değerleri otomatik olarak hesaplanabilmesi	√	
	Galeri profili, profil listesinden seçilebilmesi	√	

	Galeri özellikleri penceresinde tahkimat değerleri (tahkimat ve kullanım aralığı) belirlenebilmesi	√	
	Havalandırma değerleri sürtünme katsayısı ve sürtünme faktörüne göre hesaplanabilmesi	√	
Galeri Oluştur	3B ekranından veya katmandan seçim yapılarak galeri oluşturulabilmesi	√	
	Seçilen eksenlere profil ve grup atanabilmesi	√	
	Galeriler üzerinde sağ tuş eksen göster özelliği ile galeriler eksen veya profil giydirilmiş olarak görüntülenebilmesi	√	
	Galeriler tematik renkleri ile 2B ekranına aktarılabilmesi	√	
Galeri Listesi	Sayısallaştırılan galeriler galeri listesinde görüntülenebilmesi	√	
	Galeri listesinden galeri özelliklerine müdahale edilebilmesi	√	
	Galeri listesinden seçilen galerilerin grafik ekran üzerinde görünürlüğü kapatılabilmesi	√	
Profil Seç	Netcad 2B ekranında sayısallaştırılması yapılan profil çizimi, 3B ekranına aktarılılarak seçim yapılabilmesi	√	
	Seçilen profil, galeri profil listesinde görüntülenebilmesi	√	
	Yeni eklenen profil 3B ekranında eksen göster işlemi ile görüntülenebilmesi	√	
	Yeni eklenen profil, profil listesinden silinebilmesi	√	
Bağlantı Yolları Ekle	Galeri bağlantı yolları bağlantı yolu uzunluğu, yollar arası mesafe, başlangıç noktasına uzaklık vb. parametreler girilerek oluşturulabilmesi	√	
	Parametre girişi sonrasında üretilen bağlantı yolları 3B ekranında doğru görüntülenmesi	√	
	Eklenen bağlantı yolları galeri listesinde görüntülenmesi	√	
Spiral Ekle	Spiral ekle işlemi ile açılan pencerede yarıçap, eğim, segment sayısı vb. parametreler girilerek spiral oluşturulabilmesi	√	
	Açılan spiral penceresinde girilen özellikler 3B ekranında doğru görüntülenmesi	√	
	Eklenen spiral galeri listesinde görüntülenmesi	√	
Kurp Ekle	Kurp ekle işlemi ile kurp penceresi açılması	√	
	Parametre girişi sonrasında seçilen galeri hatlarına kurp ekenebilmesi	√	
Galeri Listesi Raporu	Galeri listesi raporu alınabilmesi	√	
Eksen Göster	Eksen göster işlemi ile galeri eksenlerine profil giydirilebilmesi	√	
	Profil giydirildikten sonra ekran döndürülebilmesi	√	
	Galerilere saydamlık verilebilmesi	√	
Tematik	Galerilere istenilen özneliğe göre tematik eklenebilmesi	√	
Tesisat Ekle	Tesisat ekle seçeneği ile ekrandan sayısallaştırma yapılarak tesisat özellikleri penceresi açılması	√	
	Galeriye tesisat ekle seçeneği ile galeriler üzerinde seçim yapıp tesisat eklenebilmesi	√	

Tesisat Listesi	Tesisat listesi üzerinden projeye eklenen tesisatlar görüntülenebilmesi	√	
	Tesisat listesi penceresinden eklenen tesisatlar düzenlenebilmesi	√	
Tematik	Tesisat tanımlarına tematik eklenebilmesi	√	
Raporlar	Tesisat listesi raporu ile tesisat tanımlarına ait rapor alınabilmesi	√	
Fan Ekle	Fan ekle seçeneği ile galerilere fan eklenebilmesi	√	
Fan Listesi	Projeye eklenen fanlar fan listesinde görüntülenebilmesi	√	
Hava Kapısı Ekle	Hava kapısı ekle seçeneği ile galerilere hava kapısı eklenebilmesi	√	
Hava Kapısı Listesi	Projeye eklenen hava kapıları hava kapısı listesinde görüntülenebilmesi	√	

6. Görselleştirme

Görselleştirme işlemleri test edilmiş ve test sonuçları Çizelge 11’de gösterilmiştir. Çizelge 11, görselleştirme işlemlerinin fonksiyonel bir şekilde çalıştığını göstermektedir.

Çizelge 11. Görselleştirme ile ilgili test edilen işlem ve alt işlemler (√: test başarılı, X: test başarısız)

İşlem	Alt İşlem	Sonuç	Talep Açıklama
Panel	Proje farklı yönlerde panellere (sağa panel, aşağı panel vb.) ayrılarak incelenebilmesi	√	
Kamera Link	Panellere bölünen pencerelere kamera link özelliği ile bağlantı sağlanarak ekranların farklı açılarda kontrol edilebilmesi	√	
Karelaj	Projeye üç boyutlu karelaj eklenebiliyor mu?	√	
	Karelaj özelliklerine (Çizgiler arası mesafe, yüzeyleri göster, yazı rengi vb.) müdahale edilebilmesi	√	
Görüntüyü Hatırla	Görüntüyü hatırla işlemi ile projenin farklı açılardan görüntülerinin kaydedilebilmesi	√	
	Kaydedilen görüntülere istenildiği anda dinamik olarak geçiş sağlanabilmesi	√	
	Görüntüler dışarıya farklı formatlarda görsel olarak kaydedilebilmesi	√	
Ölçek	Projeye çizgisel ölçek eklenebilmesi	√	
	Ekran ölçeği değiştirilebilmesi	√	
Lejant	Projeye lejant eklenebilmesi	√	
Video Kaydetme	Proje ekranı yönetilirken video kaydedilebilmesi	√	
Saydamlık	Projedeki katmanlara saydamlık verilebilmesi	√	
Stil	Projede ki katmanların stil özellikleri (renk, sınırlar, kalınlık vb.) değiştirilebilmesi	√	
Çizimi Döndür	Proje ekranı otomatik olarak döndürülebilmesi	√	
Etkileşim	Farklı mouse kullanım özellikleri (Varsayılan, tracball camera vb..) kullanılabilmesi	√	

SONUÇ

TÜBİTAK'ın mali desteği ve Hacettepe Üniversitesi, NetCad Yazılım A.Ş. (NETCAD) ve Türkiye Kömür İşletmeleri'nin (TKİ) işbirliği ile başlatılan bir proje kapsamında, kullanıcıya üç boyutta cevher geometrisi modellemesi ve ocak planlaması yapabilme imkanı sunan bütünleşik bir yazılım geliştirilmiştir. Netpro/MINE ismi ile ortaya çıkan bu yazılım 2012 yılında tamamlanmış ve bu tarihten itibaren Türkiye madencilik endüstrisinin kullanımına sunulmuştur.

Bu projede, yazılımın maden kaynak/rezerv kestiriminde son yıllarda yapılan gelişmelere uyumlu olarak güncellenmesi, mevcut fonksiyonların madencilik bilim ve teknolojisine uygunluğunun test edilmesi, yeni fonksiyonların ve hesaplama araçlarının kazandırılması amacıyla, Firma'nın teknik personeli ile birlikte bir dizi çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda, yukarıdaki çizelgelerde de ayrıntılı olarak verildiği üzere, yazılımın tüm fonksiyonları gerçek veriler ile test edilmiş, tarafımızdan onaylanmış ve bazı ek iyileştirmeler için ek talepler oluşturulmuştur.

Sonuç olarak, yazılımın bir sonraki sürümü için gerekli olan iyileştirmeler test süreci içerisinde büyük oranda tamamlanmıştır.

Toplam 17 sayfadan oluşan bu rapor, NetCad Yazılım A.Ş. ile Hacettepe Teknokent Teknoloji Transferi Ar-Ge Danışmanlık Enerji Sağlık Çevre İletişim San. ve Tic. A.Ş. arasında 20.04.2017 tarihinde imzalanmış olan protokol çerçevesinde aşağıda isimleri bulunan araştırmacılar tarafından hazırlanmış ve 02.10.2017 tarihinde imzalanmıştır.

Prof.Dr. Bahtiyar ÜNVER
Maden Mühendisi

Prof.Dr. A. Erhan TERCAN
Maden Y. Mühendisi

Doç.Dr. Mehmet Ali HİNDİSTAN
Maden Y. Mühendisi

Y.Doç.Dr. Güneş ERTUNÇ
Maden Y. Mühendisi

Dr. Fırat ATALAY
Maden Y. Mühendisi